

PAT-NO: JP02002066760A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002066760 A
TITLE: JOINING METHOD OF METAL AND JOINING DEVICE

PUBN-DATE: March 5, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|------------------|---------|
| NOMURA, SEIJI | N/A |
| GENDO, TOSHIYUKI | N/A |

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|------------------|---------|
| MAZDA MOTOR CORP | N/A |

APPL-NO: JP2000263842
APPL-DATE: August 31, 2000

INT-CL (IPC): B23 K 020/12

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simplify a deburring process after joining of a metal member.

SOLUTION: In a joining device of metal where the first metal member W1 and the second metal member W2 are lapped and joined by a frictional agitation in non-melted state, a rotational member 1, which processes a surface part where the joining part of the second metal member W2 corresponds to the first metal member W1 while rotating, and a removal measure 1b, which removes a burr generated at the peripheral of the rotation member 1 in the first metal member, are provided. The joining device is equipped with control measure to control the rotational member 1 to join the first and second metal member W1, W2 by a frictional agitation at the joining part of the first and second metallic member W1, W2, using the rotational member 1 and the removal measure 1b.

COPYRIGHT: (C) 2002, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-66760

(P2002-66760A)

(43)公開日 平成14年3月5日(2002.3.5)

| | | | |
|--------------------------|-------|---------------|-----------------|
| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード*(参考) |
| B 2 3 K 20/12 | 3 1 0 | B 2 3 K 20/12 | 3 1 0 4 E 0 6 7 |

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2000-263842(P2000-263842)

(22)出願日 平成12年8月31日(2000.8.31)

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 野村 誠治

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 玄道 俊行

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74)代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳 (外2名)

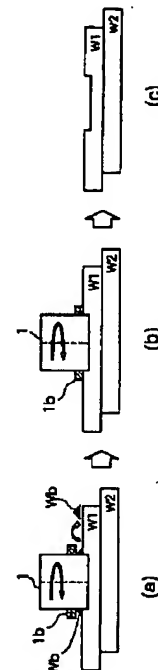
Fターム(参考) 4E067 AA05 BG00 BG07 EC03

(54)【発明の名称】 金属の接合方法及び接合装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】金属部材の接合後のバリ取り工程を簡略化する。

【解決手段】第1金属部材W1と第2金属部材W2とを重ね合わせて、非溶融の状態で摩擦により攪拌させて接合する金属の接合装置において、前記第1金属部材W1における前記第2金属部材W2との接合部分に相当する表面部位を回転しながら押圧する回転部材1と、前記回転部材1に同期して、該回転部材の押圧により該第1金属部材W1における該回転部材1の周囲に発生するバリを除去する除去手段1bと、前記回転部材1により、前記第1及び第2金属部材の接合部分を非溶融の状態で摩擦により攪拌させて、該第1及び第2金属部材を接合するよう前記回転部材を制御する制御手段とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1金属部材と第2金属部材とを重ね合わせて、非溶融の状態では摩擦により攪拌させて接合する金属の接合方法において、

前記第1金属部材における前記第2金属部材との接合部分に相当する表面部位に回転部材を押圧し、

前記回転部材の回転により、前記第1及び第2金属部材の接合部分を非溶融の状態では摩擦により攪拌させ、

前記回転部材の回転及び押圧により該第1金属部材における該回転部材の周囲に発生するバリを除去しつつ、該第1及び第2金属部材を接合することを特徴とする金属の接合方法。

【請求項2】 前記回転部材の先端が平面状に形成されていることを特徴とする請求項1に記載の金属の接合方法。

【請求項3】 前記回転部材の外周には、該回転部材の先端に対して段差を形成するバリ除去手段が設けられていることを特徴とする請求項1又は2に記載の金属の接合方法。

【請求項4】 第1金属部材と第2金属部材とを重ね合わせて、非溶融の状態では摩擦により攪拌させて接合する金属の接合装置において、

前記第1金属部材における前記第2金属部材との接合部分に相当する表面部位を回転しながら押圧する回転部材と、

前記回転部材に同期して、該回転部材の押圧により該第1金属部材における該回転部材の周囲に発生するバリを除去する除去手段と、

前記回転部材により、前記第1及び第2金属部材の接合部分を非溶融の状態では摩擦により攪拌させて、該第1及び第2金属部材を接合するよう前記回転部材を制御する制御手段とを具備することを特徴とする金属の接合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アルミニウム合金製鋳物や板材等の金属の接合方法及び接合装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の接合技術は、板材や予め3次元形状にプレス成形された金属部材を重ね合わせ、電気抵抗溶接やアーク溶接、接着剤、ボルト締結、リベット等によって接合している。

【0003】そして、金属部材が複雑な3次元形状の場合、複数点に在る接合部分に対して局所的に接合できるスポット溶接が用いられる。

【0004】また、他の接合技術として、非溶融の状態では摩擦攪拌する接合方法が特許第712838号公報に開示されている。この接合技術は、2つの部材を突き合わせた接合面にプローブと呼ばれる突出部を回転させ

ながら挿入及び並進させ、接合面近傍の金属組織を摩擦熱により可塑化させて結合するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記公報記載の接合技術を金属部材の重ね合わせ接合に適用する場合、回転部材の押圧により金属部材における回転部材の周囲にバリが発生し、部材の接合後に接合面に別途バリ取りを行う必要があった。

【0006】本発明は、上記課題に鑑みてなされ、その目的は、金属部材の接合後のバリ取り工程を簡略化できる金属の接合方法及び接合装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決し、目的を達成するために、本発明の金属の接合方法は、第1金属部材と第2金属部材とを重ね合わせて、非溶融の状態では摩擦により攪拌させて接合する金属の接合方法において、前記第1金属部材における前記第2金属部材との接合部分に相当する表面部位に回転部材を押圧し、前記回転部材の回転により、前記第1及び第2金属部材の接合部分を非溶融の状態では摩擦により攪拌させ、前記回転部材の回転及び押圧により該第1金属部材における該回転部材の周囲に発生するバリを除去しつつ、該第1及び第2金属部材を接合する。

【0008】また、好ましくは、前記回転部材の先端が平面状に形成されている。

【0009】また、好ましくは、前記回転部材の外周には、該回転部材の先端に対して段差を形成するバリ除去手段が設けられている。

【0010】本発明の金属の接合装置は、第1金属部材と第2金属部材とを重ね合わせて、非溶融の状態では摩擦により攪拌させて接合する金属の接合装置において、前記第1金属部材における前記第2金属部材との接合部分に相当する表面部位を回転しながら押圧する回転部材と、前記回転部材に同期して、該回転部材の押圧により該第1金属部材における該回転部材の周囲に発生するバリを除去する除去手段と、前記回転部材により、前記第1及び第2金属部材の接合部分を非溶融の状態では摩擦により攪拌させて、該第1及び第2金属部材を接合するよう前記回転部材を制御する制御手段とを具備する。

【0011】

【発明の効果】以上説明のように、請求項1、4の発明によれば、第1金属部材における第2金属部材との接合部分に相当する表面部位に回転部材を押圧し、回転部材の回転により、第1及び第2金属部材の接合部分を非溶融の状態では摩擦により攪拌させ、回転部材の回転及び押圧により第1金属部材における回転部材の周囲に発生するバリを除去しつつ、第1及び第2金属部材を接合することにより、金属部材の接合後のバリ取り工程を簡略化できる。

【0012】請求項2の発明によれば、回転部材の先端

が平面状に形成されていることにより、接合跡として穴が残らず、工具の加工も容易で安価にできる。

【0013】請求項3の発明によれば、回転部材の外周には、回転部材の先端に対して段差を形成するバリ除去手段が設けられていることにより、金属部材の接合後にバリを押し潰すので、切り屑が発生せず、工具が安価にできる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

【0015】尚、以下に説明する実施の形態は、本発明の実現手段としての一例であり、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で下記実施形態を修正又は変形したものに適用可能である。

【0016】図1は、本発明に係る実施形態の重ね合わせ接合方法を説明する回転工具付近の拡大図である。

【0017】本実施形態の接合方法は、アルミニウム合金製の板材や予め3次元形状にプレス成形された金属部材の接合に適用され、少なくとも2枚の金属部材を重ね合わせて、最外表面の第1金属部材W1に回転工具1を

10 押圧することにより、重ね合わされた第1及び第2金属部材W1、W2間の金属組織を摩擦熱により非溶融で攪拌して接合するものである。

【0018】そして、非溶融で攪拌するので、電気抵抗溶接等で発生する熱歪み等の問題を解消することができる。

【0019】ここで、非溶融で攪拌する状態とは、母材に含有される各成分或いは共晶化合物の中で最も融点が低いものよりもさらに低い温度下で摩擦熱により金属組織を軟化させて攪拌することを意味する。

【0020】図1に示すように、摩擦攪拌による接合方法は、少なくとも2枚の金属部材W1、W2を重ね合わせ、先端部3が平面状の円筒状の回転工具1を、その軸心周りに回転させながら、先端部3を最外表面の第1金属部材W1に押し付けて、第1金属部材W1、W2を非溶融の状態では摩擦により攪拌させて非溶融攪拌層を形成すると共に、第2金属部材W2にまで非溶融摩擦攪拌層を拡大して第1及び第2金属部材W1、W2を接合する。

【0021】従来の突き合わせ接合では、プローブにより金属組織を軟化させ、軟化した金属組織をショルダで抑えるのに対して、本実施形態の重ね合わせ接合では先端部3が金属組織を軟化させ、塑性流動させる機能を有している。

【0022】また、第1及び第2金属部材W1、W2を挟むように回転工具1の先端部3に対向するよう受け部材4が配置されている。受け部材4の外径は、回転工具1の外径以上に設計されている。

【0023】回転工具1は直径φ1が10～15mm程度である。回転工具1及び受け部材4は、金属部材より

も硬度の高い鋼材(超合金等)で形成された非摩耗型工具であるが、金属部材は回転工具1より軟質の材質であれば、アルミニウム合金に限定されない。

【0024】また、図2に示すように、回転工具1は、先端部3の略中央に凹部3aが形成されている。また、受け部材4の先端部5の略中央にも凹部5aが形成されている。

【0025】尚、回転工具1の凹部3aと受け部材4の凹部5aとは、いずれか一方又は両方に設けることができる。また、凹部3aの代わりにピン状の凸部を設けることもできる。

【0026】図3乃至図5は、回転工具1の先端部3の他の形状を例示する図であり、(a)は側面図、(b)は先端部の正面図である。

【0027】図3に示す回転工具1は、先端部3が金属部材との接触面に対して傾斜して形成され、接触面からの高さが変化するよう構成されている。また、図4に示す回転工具1は、先端部3の高さが周方向で相異なるように、平面状の先端部3に対して、その先端中心から外周に向けて放射状に複数の突出部(又は溝部)3bが形成されている。また、図5に示す回転工具1は、先端部3の高さが周方向で相異なるように、平面状の先端部3に対して、その先端中心から外周に向けて少なくとも1つの溝部(又は突出部)3cが形成されている。

【0028】尚、回転工具1は、先端部の周方向に凹凸や波状が形成できればよく、例えば、図2に示す凹部3aと図3乃至図5に示す先端部3の形状とを組み合わせ構成したり、図4及び図5に示す形状では、突出部と溝部とを組み合わせ構成することもできる。突出部の高さや溝部の深さが大きすぎる場合には、金属組織の攪拌性が悪化するため不適である。

【0029】回転工具1は、以下に説明する多関節ロボット10のアームに回転可能に取り付けられ、接合される金属部材が複雑な3次元形状の場合、複数点に接合部分に対してスポット的に(局所的に)接合できるよう構成されている。

【0030】図6は、回転工具を保持及び駆動する多関節ロボットの概略図である。

【0031】図6に示すように、多関節ロボット10は、ベース11に設けられた関節12に連結されてy軸中心に揺動すると共に、関節13でz軸中心に回転する第1アーム14と、関節15を介して第1アーム14に連結されてy軸中心に揺動すると共に、関節16でx軸中心に回転する第2アーム17と、関節18を介して第2アーム17に連結されてy軸中心に揺動する第3アーム19とを有する。

【0032】第3アーム19は、回転工具1が回転可能に取り付けられると共に、回転工具1を回転駆動するモータ20と、回転工具1の先端部3に対向するよう配置される受け部材4とを備える。回転工具1の先端部3と

受け部材4の先端部との間隔はアクチュエータ22により可変となっており、接合時の金属部材に対する押圧力や3枚以上重ね合わせた金属部材でも対応できるよう設計されている。

【0033】多関節ロボット10の各アーム、モータ、アクチュエータの動作は、予めティーチングされて制御部30がコントロールする。

【0034】回転工具1の金属部材に対する押圧力は、金属部材の総板厚や重ね合わせ枚数等に基づいて接合部分ごとに設定され、個々の金属部材の板厚が異なる場合

にも適用できる。
【0035】また、図7に示すように、3枚以上の第1乃至第3金属部材W1～W3を接合する場合には、同一外径を有する一対の回転工具1A、1Bで金属部材を挟み込んで接合する。この場合、図2の受け部材4に代えて回転工具1Bを回転可能に多関節ロボット10に取り付けて、互いに対向する回転工具1A、1Bの先端部3A、3Bで第1乃至第3金属部材W1～W3を挟み込みながら、各回転工具1A、1Bを逆回転させる。

【0036】また、第1及び第2金属部材W1、W2の板厚が異なる場合でも接合可能であるが、特に、薄肉側から回転工具1を押圧させるとより攪拌しやすくなり、均一な接合処理が実現できる。

〔接合時の金属組織の塑性流動〕図8は、回転工具の先端部が平滑な場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。図9は、回転工具の先端部に凹部を形成した場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。図10は、回転工具の先端部に突出部又は溝部を形成した場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。

【0037】図8に示すように、先端部3が平滑な回転工具1を用いた場合（受け部材4の先端部5は、説明の便宜上平滑とする）、所定回転数で回転する回転工具1を第1金属部材W1に略垂直に押し当てていくと、回転工具1と第1金属部材W1との間に摩擦が生じて、その表面が軟化して第1及び第2金属部材W1、W2間の金属組織が非溶融の状態では回転方向に攪拌されていく。そして、更に回転工具1による第1金属部材W1に対する押圧力を高めていくと、回転工具1に非接触の金属部材W2にまで非溶融の摩擦攪拌層が拡大して、最終的に重ね合わされた第1及び第2金属部材W1、W2が溶融され

ることなく接合される。
【0038】図9に示すように、先端部3に凹部3aが形成された回転工具1を用いた場合（受け部材4の先端部5は、説明の便宜上平滑とする）には、金属組織は工具1の回転方向に攪拌されると共に、凹部3aの直下及び周辺で上下方向（金属部材の接合面と交差する方向）に3次元的な縦渦の塑性流動が発生して攪拌されて、最終的に重ね合わされた第1及び第2金属部材W1、W2が溶融され

ることなく接合される。

【0039】また、回転工具1の凹部3aは攪拌される

金属組織の周速が略ゼロとなる凹部内での塑性流動を促進し、受け部材4の凹部5aを設けた場合には回転工具1に接触しない金属部材の塑性流動を促進する。

【0040】更に、図10に示すように、先端部3に突出部（又は溝部）3bが形成された回転工具1を用いた場合（受け部材4の先端部5は、説明の便宜上平滑とする）には、先端部3の放射状の凹凸により、金属組織は工具1の回転方向に攪拌されると共に、第1金属部材W1と第2金属部材W2との界面にて回転に応じて周期的に変化する上下方向（金属部材の接合面と交差する方向）に塑性流動が加えられ、この周期的な上下方向の流動により、両金属部材の界面の拡散が促進され、最終的に重ね合わされた第1及び第2金属部材W1、W2が溶融され

ることなく接合される。
【0041】上述のように、回転工具1の先端部3に凹部3aを設けた場合には、接合すべき金属組織の全てが十分に攪拌されて、接合強度が高まるのに対して、凹部3aを設けずに平滑な場合には、金属部材の接合面と交差する方向への攪拌が不十分なため、接合強度は弱いものとなる。

【0042】また、回転工具1に放射状に凹凸を形成した場合、凹部3aを形成した場合と比較して、回転工具1の先端部の金属組織に対する当接状態が異なり、中央部で攪拌される金属組織の角速度が周辺部の角速度より小さくなるよう設定できるため、攪拌性が高いと共に、先端部の広い範囲で回転方向及び上下方向への三次元的な塑性流動を発生させやすいという利点がある。

〔試験結果〕本実施形態の接合処理では、金属部材としてJISで規格化された6000系鋼板（Al-Mg-Si鋼板）を一例として用いるが、5000系鋼板（Al-Mg鋼板）や他の金属部材でも適用可能である。

【0043】図11は、本実施形態の非溶融摩擦攪拌による接合強度試験方法を示す図である。図12は、図11の接合強度試験方法による結果を示す図である。

【0044】図11の接合強度試験は、接合された第1及び第2金属部材W1、W2を互いに相反する方向に引っ張って、接合面が剥がれた時点での引張力を接合強度として測定している。

【0045】また、接合条件は、工具回転数が2000rpm、回転工具1の先端部3の直径がφ10mm、押圧保持時間は0.2mm押し込み後の時間、金属部材は6000系、板厚が1mmのものをを用いた。

【0046】図12に示すように、先端部3に凹部3aが形成された回転工具1を用いた方が、先端部3が平滑な工具の場合に比べて、接合強度が高くなって要求強度を満たす。

【0047】また、先端部3が平滑な工具の場合では、図15に示すように、破壊時に金属部材の接合面から剥がれる剥離破断となるのに対して、先端部3に凹部3aが形成された工具を用いた場合には、図13及び図14

に示すように、破壊時に接合面は剥がれずに、回転工具1の周囲に対応する部分Waから破断するボタン破断となるため、接合強度が高いことがわかる。

【0048】更に、図16乃至図19に示すように、先端部3に凹部3aが形成された工具を用いて接合した場合には、金属組織の接合界面が均一になるよう十分攪拌されて接合されるため、接合強度が高くなる。

【0049】また、回転工具1の金属部材に対する押圧保持時間が長いほど接合強度は高くなるが、約10秒以上押圧保持すると、先端部3に凹部3aが形成された回

転工具1を用いた場合でも、先端部3が平滑な工具の場合でも接合強度は略同じとなる。

【合金材料を介在させた接合】第1及び第2金属部材は、両金属部材の間に合金材料を介在させて接合することもできる。

【0050】図20は、合金材料を介在させた第1及び第2金属部材の接合方法を説明する図である。図21は、第1及び第2金属部材の接合部分Pにおいて合金材料が拡散していく様子を説明する図である。

【0051】図20及び図21に示すように、例えば、第1金属部材W1はアルミニウム合金板で、第2金属部材W2は、合金材料としてZn-5Al層又はZn溶融メッキ層WcがZn-Fe-Al又はZn-Fe合金層Wdを介して形成されたFe鋼板である。Zn-5Al層は、約95重量%のZn成分と約5重量%のAl成分との共晶組成からなる。また、好ましくは、アルミニウム合金にZn-5Al合金材料を被覆したものが最適である。Zn溶融メッキ層は、一般に防錆のために金属部材に被覆された状態で市販されている。

【0052】第1及び第2金属部材W1、W2を合金材料としてのZn-5Al層又はZn溶融メッキ層Wcを介して重ね合わせ、第1金属部材W1における第2金属部材W2との接合部分Pに相当する表面部位に回転工具1を押圧していくと、アルミニウム合金が摩擦により攪拌されて塑性流動を開始する。塑性流動が促進されると、アルミニウム合金表面の酸化被膜が破壊されて、Zn-5Al層又はZn溶融メッキ層Wcとアルミニウム合金とが相互に拡散してAl、Al-Zn、Zn-Al、Fe-Zn、Feとからなる拡散層を形成し、更に塑性流動が促進されてAl-Zn-Fe合金層Weとな

ってアルミニウム合金板W1と鋼板W2とがAl-Zn-Fe合金層Weを介して接合される。

【0053】尚、Zn-5Al層又はZn溶融メッキ層Wcが被覆されていない鋼板とアルミニウム合金板とを接合する場合には、両部材の接合部分PにZn-5Al層又はZn合金箔等の合金材料を別途介在させてもよい。また、合金材料としてZn-Alの他に、Mg-Al合金材料を形成してもよい。

【0054】回転工具1は、その先端部が平面状の他、上述した様々な形状の工具を用いることができる。ま

た、先端部にプローブと呼ばれる突出部2を設けた回転工具を用いてもよい。

【0055】また、回転工具1は、第1金属部材W1と第2金属部材W2のうち、融点の低い方から押圧して摩擦により攪拌させる。

【0056】このように、アルミニウム合金と比較して融点及び高温強度が高い鋼板よりも、少ない入熱で軟化するアルミニウム合金側から回転工具を押圧することにより、短時間で接合でき、工具への熱的・機械的負荷が低減できるため、工具寿命を延長できるという利点がある。

【0057】また、図22乃至図25に示すように、回転工具1の金属部材への回転数は、1000rpm程度で一定(図22、23)又はアルミニウム合金の酸化被膜の破壊を促進させるために周期的に変化させてもよい(図24、25)。回転数を減少させていくと接合に時間を要するため好ましくない。

【0058】また、回転工具1の金属部材への押圧力は一定(図22、24)又は漸増させる(図23、25)。押圧力を減少させていくと塑性流動が不十分となり、十分な接合強度は得られなくなる。

【0059】回転数と押圧力との関係は、金属組織が軟化しただけ、押圧力を高くしていくことが必要となる。

【合金材料の拡散接合】図26(a)～(d)は、Zn-5Al層とアルミニウム合金とが相互に拡散してAl、Al-Zn、Zn-Al、Fe-Zn、Feとからなる拡散層を形成し、更に塑性流動が促進されてAl-Zn-Fe合金層Weとなってアルミニウム合金板W1と鋼板W2とがAl-Zn-Fe合金層Weを介して接合される様子を示す図である。

【0060】図26(a)に示すアルミニウム合金板とFe鋼板とをZn-5Al層を介在させて重ね合わせた状態から回転工具1により非溶融で摩擦攪拌されると、図26(b)に示すようにアルミニウム合金の下層には、Al及びZn-5Al層からなる拡散層が形成されFe鋼板の上層には、Fe及びZn-5Al層からなる拡散層が形成される。

【0061】更に、攪拌により塑性流動が進んでいくと、図26(c)に示すようにZn-5Al層のZn成分がアルミニウム合金及びFe鋼にさらに拡散し、この拡散反応により、Zn-5Al層のZn成分の割合は低下(Al成分の割合が増加)していく。

【0062】次に、図26(c)に示す状態から、更に塑性流動が進むことにより、アルミニウム合金側の拡散層とFe鋼板側の拡散層同士の拡散反応が行われ、結果として図26(d)に示すAl-Zn-Fe合金層が形成される。

【0063】以上のように、第1及び第2金属部材W1、W2は、Al-Zn-Feの3元素系の合金層を介して接合される。これにより、第1及び第2金属部材W

1、W2は、その接合面にFe-A1という脆い金属間化合物が生成されるのを防止することができ、Fe-A1-Znの3元素系合金層により接合強度を非常に高くすることができる。

【金属部材形状】本実施形態では、予め3次元形状にプレス成形された金属部材の接合に適している。即ち、図27に示す自動車の車体フレームW1と補強部材W2の接合のように、プレス成形により金属部材が複雑な3次元形状を有し、回転工具1を連続して移動できないような複数点在する接合部分Pに対して、本実施形態の接合方法を用いることにより局所的に溶接でき、プレス成形後であっても接合可能となる。

【バリ除去構造】図28は、回転工具に切削用チップを設けた回転工具の先端部を示す図である。図29は、回転工具にバリ抑制用段差を設けた回転工具の先端部を示す図である。

【0064】接合時に金属部材に発生するバリWb（図13参照）を取り除くために、図28及び図29に示すように、回転工具1の先端近傍の外周面に拡張する切削用チップ1a又はバリ抑制用段差1bを一体的又は後付けで形成してもよい。

【0065】切削用チップ1bは先端部3に平行な平面状で、回転工具1の先端近傍の外周面に90°ごとに等間隔で4つ設けられている。尚、切削用チップ1bは、平面状ではなく、例えば、らせん状の切り刃状にもでき、また、チップ数は金属部材の成分や押し込み量に応じて任意に設定できる。

【0066】また、バリ抑制用段差1cは先端部3に平行な平面状で回転工具1の先端近傍の外周面に全周に亘って形成されている。

【0067】図31は、回転工具に切削用チップを設けた場合のバリ取り方法を説明する図である。図32は、回転工具にバリ抑制用段差を設けた場合のバリ取り方法を説明する図である。

【0068】切削用チップ1bによりバリWbを除去する場合、図31に示すように、回転工具1の回転及び押圧により第1金属部材W1における回転工具1の周囲に発生するバリWbを切削して除去する。

【0069】バリ抑制用段差1cによりバリWbを除去する場合、図32示すように、回転工具1の回転及び押圧により第1金属部材W1における回転工具1の周囲に発生するバリWbを押し潰して除去する。

【0070】これら切削用チップ1b又はバリ抑制用段差1cの軸心方向の位置は、図30に示すように、金属部材W1に押し込まれる先端部3の押し込み量もだけ上方に形成される。

【0071】切削用チップ1bでは、バリを完全に除去できる反面、切り屑Wbが発生し、硬質の切削用チップ1bを用いるため回転工具1が高価となる。それに対して、バリ抑制用段差1cでは、押し潰されたバリWbが

残るために外観が若干劣るが、回転工具1が安価で切り屑が発生しないという利点がある。

【0072】また、切削用チップ1b又はバリ抑制用段差1cを回転工具1に対して固定しないで、回転工具1の回転軸と同軸に昇降可能に構成してもよい。

【0073】図33は、切削用チップ1b又はバリ抑制用段差1cを回転工具に対して昇降可能に設けた例及びバリ除去方法を示す図である。

【0074】図33に示すように、切削用チップ1b又はバリ抑制用段差1cは、回転工具1の回転軸と同軸に、その外周面に対して昇降可能（回転可能としてもよい）な中空軸41の先端部に設けられている。

【0075】この昇降式の切削用チップ1b又はバリ抑制用段差1cによりバリWbを除去する場合、図33（a）、（b）に示す接合時には上昇させて接合部分から離間させ、図33（c）、（d）に示すように、接合完了後に、切削用チップ1b又はバリ抑制用段差1cを下降してバリWbを切削又は押し潰して除去する。

【0076】切削用チップ1b又はバリ抑制用段差1cを可動式にすることにより、固定式と比較して設備が複雑で高価となるが、金属部材に応じて回転工具の押し込み量を変える場合でも同一の工具で対応できるという利点がある。

【連続接合】上記実施形態では、回転工具1を接合部分に押圧して移動させないスポット接合の例を説明したが、図34に示すように、回転工具1を前進又は揺動させながら連続的に接合してもよい。

【0077】図34で回転工具1を前進させる場合には、図35に示すように、前進方向に対して後方に約1°傾斜させて移動させると、金属部材W1に垂直に押し当てる場合に比べて傾斜した分だけ攪拌性が向上する。

【変形例】本実施形態の変形例として、金属部材の歪みを抑制するために、金属部材の接合部分を冷却しながら接合することもできる。冷却方法としては、冷却水中で接合したり、接合部分に冷却水を供給すればよい。

【表面処理】本実施形態の接合技術は、金属部材の表面処理にも応用できる。

【0078】表面処理ではアルミニウム合金製鋳物を対象とし、特に自動車のシリンダヘッドに形成される隣り合うポート間（弁間部）やピストン、ブレーキディスク等の表面改質処理に用いられ、アルミニウム合金製鋳物の表面改質領域を摩擦熱により溶融させることなく攪拌させることにより、金属組織の微細化や共晶シリコン（Si）粒子の均一分散化、 casting 欠陥の減少を図り、熱疲労（低サイクル疲労）寿命や伸び、耐衝撃性等の材料特性において従来のリメルト処理以上のものを得ることができる。

【0079】また、本実施形態の表面処理では、図36に示すように、JISで規格化されたアルミニウム合金であるAC4Dを一例として用いるが、アルミニウム合

金鋳物としては、アルミニウム合金のマグネシウム(Mg)含有率として0.2~1.5重量%、シリコン(Si)含有率として1~24重量%、好ましくは4~13重量%の範囲で組成比率を変更可能である。他にAC4B、AC2B、ピストンに用いるAC8A等も利用できる。シリコン含有率の上限を24%に設定する理由は、それ以上シリコンを増加しても材料特性や鋳造性が飽和すると共に、攪拌性が悪化するからである。

【0080】マグネシウムを含有するアルミニウム合金鋳物は、熱処理により Mg_2Si を析出させて強度が高まる。ところが、リメルト処理のように熔融させて金属組織を微細化させる場合には、低融点(650℃)のマグネシウムが蒸発して含有量が低下することがある。そして、マグネシウム含有量が低下すると熱処理を施しても硬さや強度が低下して所望の材料特性が得られないことになる。

【0081】一方、摩擦攪拌による表面処理では、金属組織を熔融させないのでマグネシウムが蒸発することもないため、アルミニウム合金鋳物は熱処理により Mg_2Si を析出させて強度が高められるのである。

【0082】アルミニウム合金にシリコンを添加することにより、鋳造性(溶湯の流動性、引け特性、耐熱間割れ性)は向上するが、共晶シリコンが一種の欠陥として作用して機械的特性(伸び)が低下する。

【0083】共晶シリコンは硬くて脆く、亀裂発生起点や伝播経路となるため伸びが低下する。また、弁間部のように繰り返して熱応力を受ける部位ではその疲労寿命が低下する。そして、金属組織ではデンドライトに沿って共晶シリコンが連なった形態を呈しているが、共晶シリコンを微細化し、均一に分散させることによって応力集中による亀裂の発生と、発生した亀裂の伝播を抑制することが可能となる。

【0084】図37は、表面処理への適用例として、自動車のシリンダヘッドに形成される隣り合うポート間(弁間部)の表面改質処理方法を説明する図である。

【0085】図37に示すように、表面改質処理は、回転工具1を隣り合うポートの弁間部において、処理軌跡F1~F3に沿って弁間部を縦断するよう摩擦により攪拌しながら移動させる。

【0086】尚、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で上記実施形態を修正又は変形したものに適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る実施形態の重ね合わせ接合方法を説明する回転工具付近の拡大図である。

【図2】金属部材の接合方法を説明する図である。

【図3】

【図4】

【図5】回転工具の先端部の他の形状を例示する図であり、(a)は側面図、(b)は先端部の正面図である。

【図6】回転工具を保持及び駆動する多関節ロボットの概略図である。

【図7】3枚以上の金属部材の接合方法を説明する図である。

【図8】回転工具の先端部が平滑な場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。

【図9】回転工具の先端部に凹部を形成した場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。

【図10】回転工具の先端部に突出部又は溝部を形成した場合の金属部材内部の塑性流動状態を示す図である。

【図11】本実施形態の非熔融摩擦攪拌による接合強度試験方法を示す図である。

【図12】図11の接合強度試験方法による結果を示す図である。

【図13】本実施形態により接合された金属部材の接合部分の金属組織を示す断面図である。

【図14】接合強度試験によるボタン破断時の金属部材の状態を示す図である。

【図15】接合強度試験による剥離破断時の金属部材の状態を示す図である。

【図16】図13に対応し、本実施形態により接合された金属部材の接合部分の金属組織の断面写真を示す図である。

【図17】図16のI部の拡大写真を示す図である。

【図18】図17のII部の金属部材の金属組織の断面写真を示す図である。

【図19】図18の拡大写真を示す図である。

【図20】合金材料を介在させた第1及び第2金属部材の接合方法を説明する図である。

【図21】第1及び第2金属部材の接合部分Pにおいて合金材料が拡散していく様子を説明する図である。

【図22】

【図23】

【図24】

【図25】金属部材の接合における回転工具の回転数及び押圧力の制御例を示す図である。

【図26】Zn-5Al層とアルミニウム合金とが相互に拡散してAl、Al-Zn、Zn-Al、Fe-Zn、Feとからなる拡散層を形成し、Al-Zn-Fe合金層となって金属部材同士が接合される様子を示す図である。

【図27】予め3次元形状にプレス成形された金属部材として、自動車の車体フレームを接合する場合について示す図である。

【図28】回転工具に切削用チップを設けた回転工具の先端部を示す図である。

【図29】回転工具にバリ抑制用段差を設けた回転工具の先端部を示す図である。

【図30】切削用チップ又はバリ抑制用段差の回転工具に対する取り付け位置を説明する図である。

13

【図31】回転工具に切削用チップを設けた場合のバリ取り方法を説明する図である。

【図32】回転工具にバリ抑制用段差を設けた場合のバリ取り方法を説明する図である。

【図33】切削用チップ又はバリ抑制用段差を回転工具に対して昇降可能に設けた例及びバリ取り方法を示す図である。

【図34】回転工具を前進させながら連続的に接合する場合を説明する回転工具付近の拡大図である。

【図35】回転工具を前進させながら連続的に接合する場合の金属部材の接合方法を説明する図である。

【図36】表面処理に用いるアルミニウム合金鋳物の成

14

分比率を示す図である。

【図37】表面処理への適用例として、自動車のシリンダヘッドに形成される隣り合うポート間（弁間部）の表面改質処理方法を説明する図である。

【符号の説明】

1 回転工具

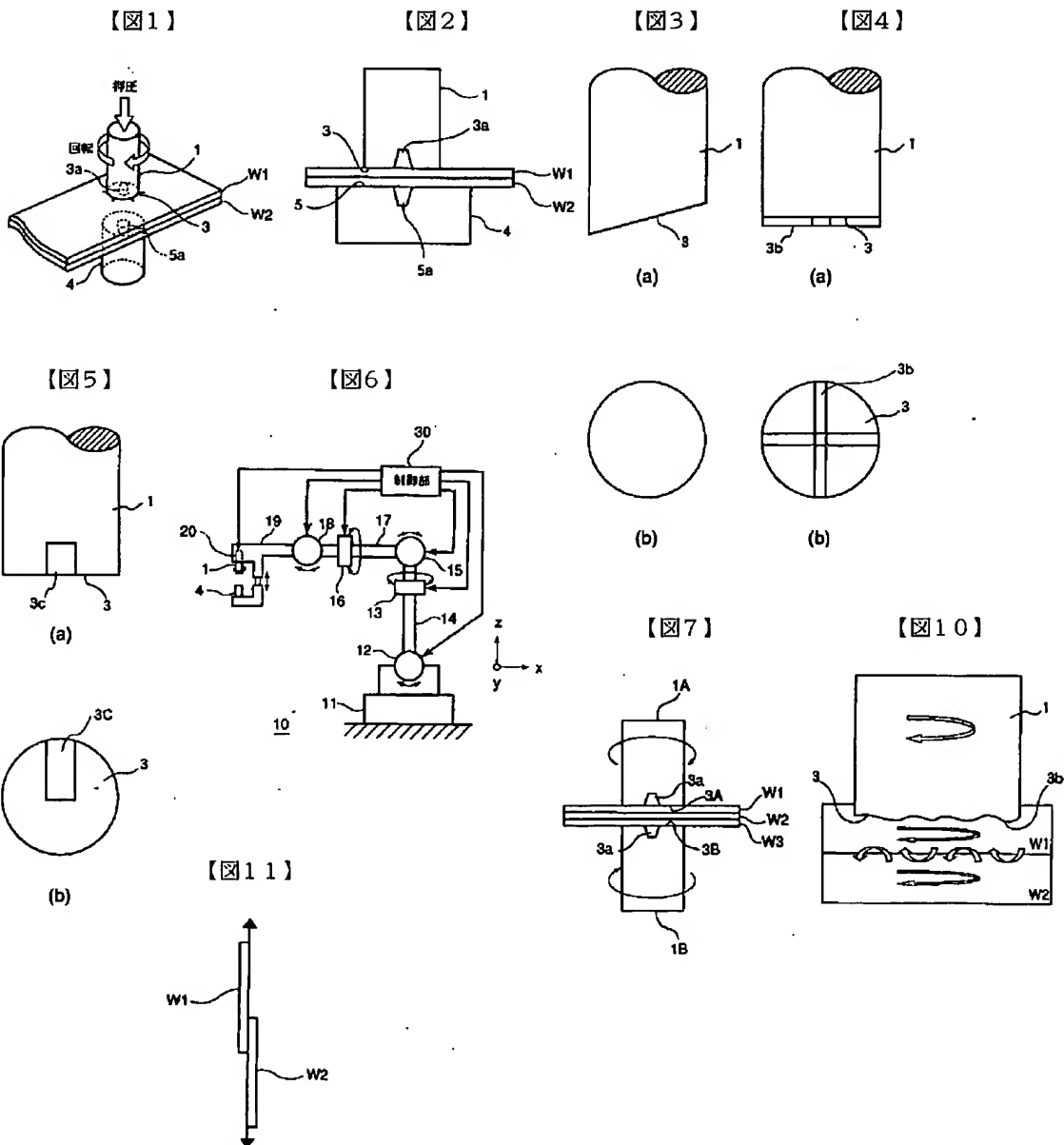
2 突出部

3 先端部

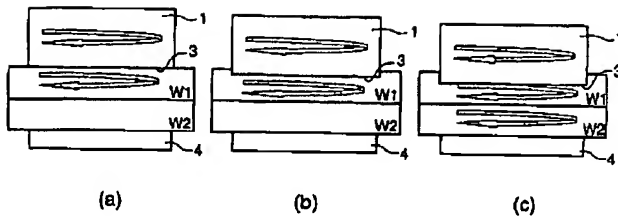
4 受け部材

10 多関節ロボット

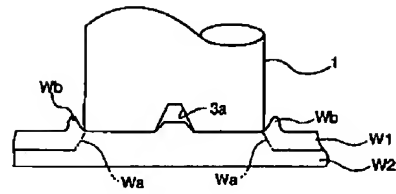
W1～W3 金属部材



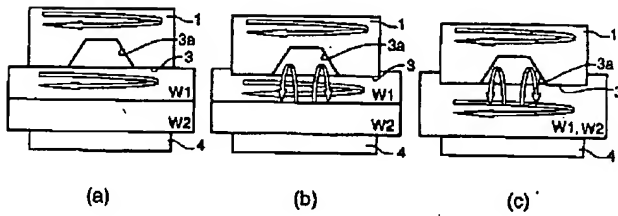
【図8】



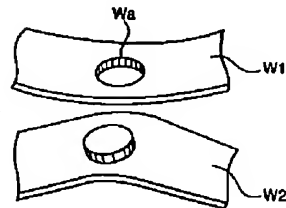
【図13】



【図9】

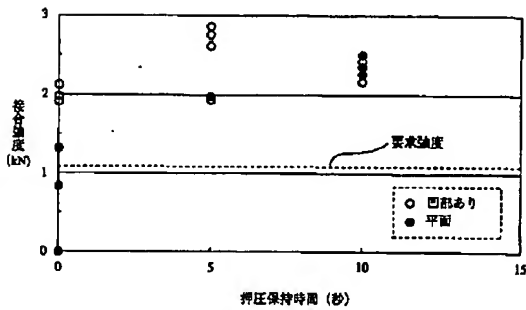


【図14】

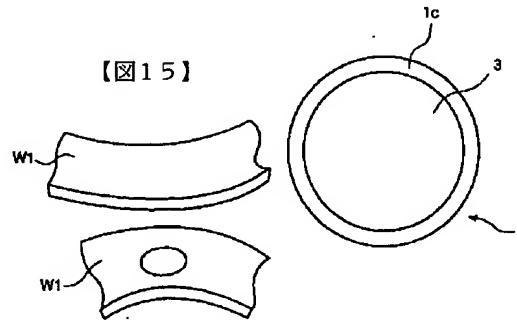


【図29】

【図12】

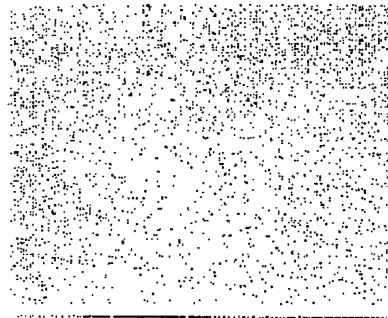
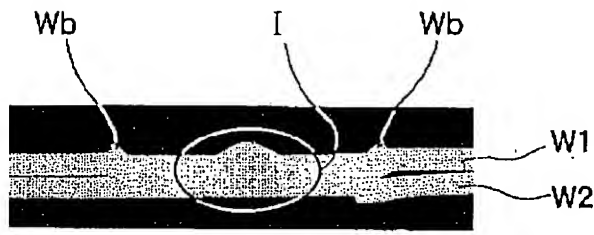


【図15】

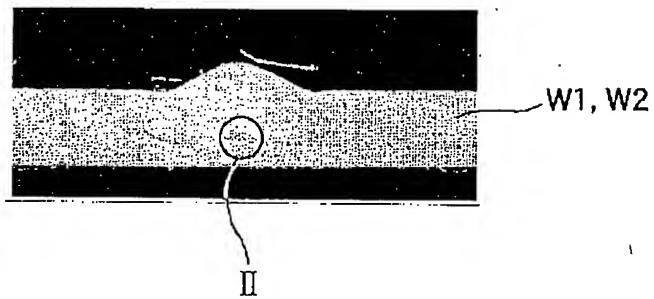


【図18】

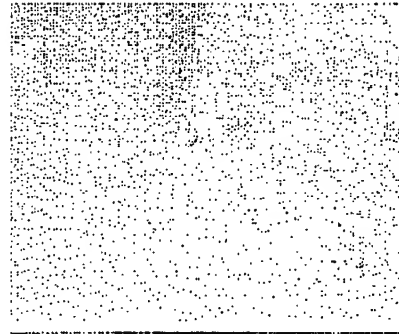
【図16】



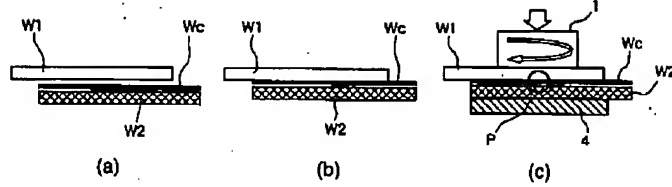
【図17】



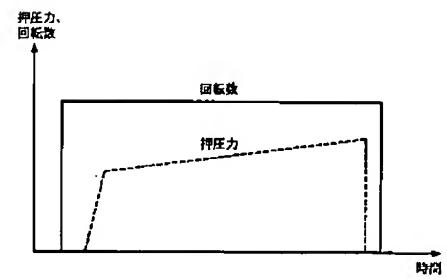
【図19】



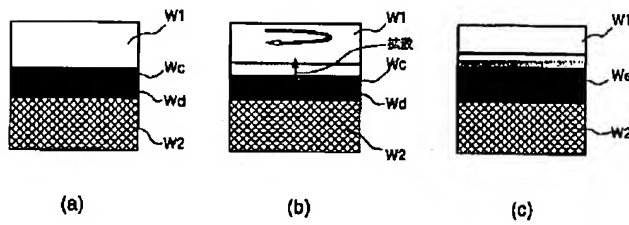
【図20】



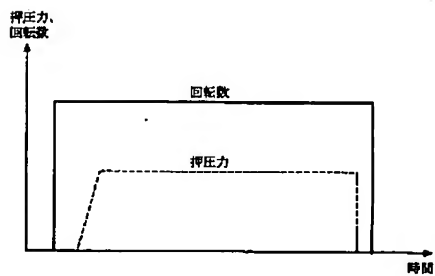
【図23】



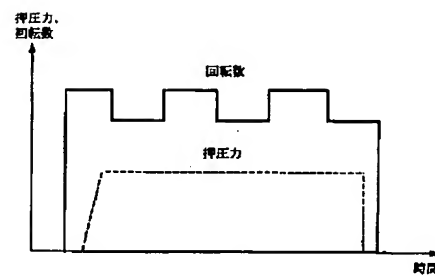
【図21】



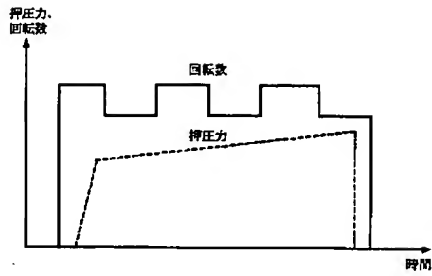
【図22】



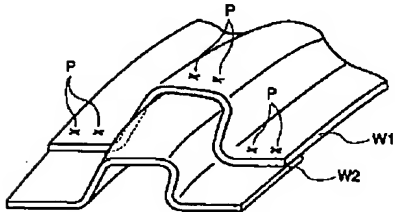
【図24】



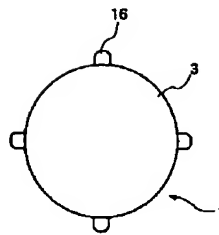
【図25】



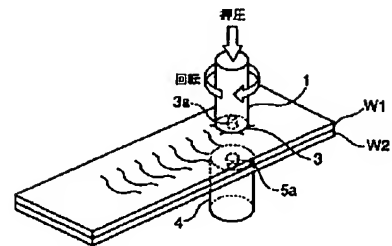
【図27】



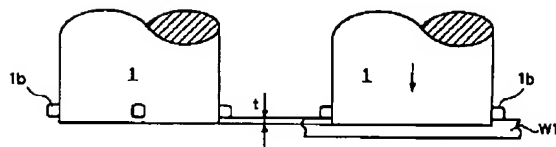
【図28】



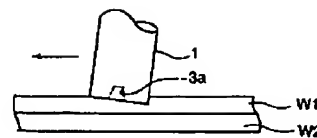
【図34】



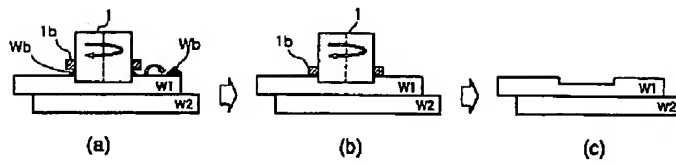
【図30】



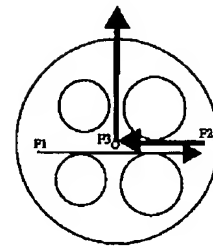
【図35】



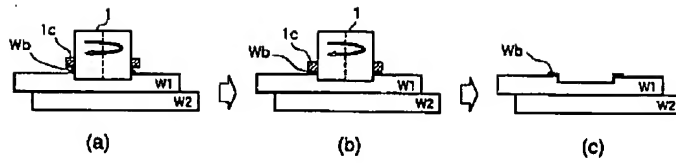
【図31】



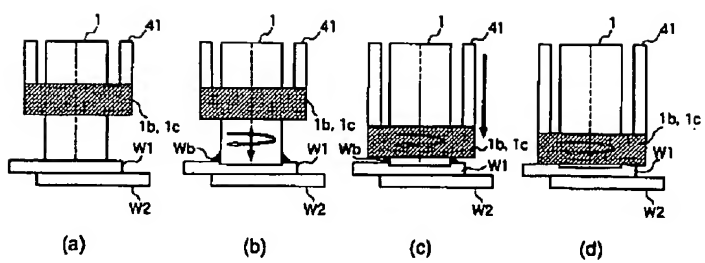
【図37】



【図32】



【図33】



【図36】

| 記号 | 化学成分 (重量%) | | | | | | | |
|------|------------|---------|---------|------|------|------|------|----|
| | Cu | Si | Mg | Zn | Fe | Mn | Ti | Al |
| AC4D | 1.0~1.5 | 4.5~5.5 | 0.4~0.6 | ≤0.3 | ≤0.6 | ≤0.5 | ≤0.2 | 残 |

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the junction approach of the metal which piles up the 1st metal member and the 2nd metal member, is made to agitate by friction in the state of unmelting, and is joined A rotation member is pressed to the surface part equivalent to a part for a joint with said 2nd metal member in said 1st metal member. By rotation of said rotation member The junction approach of the metal characterized by joining this 1st and 2nd metal member, removing the weld flash which is made to agitate a part for the joint of said 1st and 2nd metal member by friction in the state of unmelting, and is generated around this rotation member in this 1st metal member by rotation and press of said rotation member.

[Claim 2] The junction approach of the metal according to claim 1 characterized by forming the tip of said rotation member in a plane.

[Claim 3] The junction approach of the metal according to claim 1 or 2 characterized by forming a weld flash removal means to form a level difference to the tip of this rotation member in the periphery of said rotation member.

[Claim 4] In the junction equipment of the metal which piles up the 1st metal member and the 2nd metal member, is made to agitate by friction in the state of unmelting, and is joined The rotation member pressed while rotating the surface part equivalent to a part for a joint with said 2nd metal member in said 1st metal member, Synchronizing with said rotation member, by removal means to remove the weld flash generated around this rotation member in this 1st metal member by press of this rotation member, and said rotation member Junction equipment of the metal characterized by providing the control means which controls said rotation member to make a part for the joint of said 1st and 2nd metal member agitate by friction in the state of unmelting, and to join this 1st and 2nd metal member.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the junction approach of metals, such as a casting made from an aluminium alloy, and a plate, and junction equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] The conventional junction technique has joined the plate and the metal member by which press forming was beforehand carried out to the three-dimension configuration with superposition, electric resistance welding and arc welding, adhesives, the suspension join, the rivet, etc.

[0003] And when it is a three-dimension configuration with a complicated metal member, spot welding locally joinable to a part for the joint with which it is dotted is used.

[0004] Moreover, the junction approach which carries out friction churning in the state of unmelting is indicated by the patent No. 2712838 official report as other junction techniques. Make this junction technique insert and advance side by side, rotating the lobe called a probe to the plane of composition which compared two members, it makes the metal texture near the plane of composition plasticize with frictional heat, and is combined.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when a junction technique given [above-mentioned] in an official report was applied to superposition junction of a metal member, weld flash occurred around the rotation member in a metal member by press of a rotation member, and trimming needed to be separately carried out to the plane of composition after junction of a member.

[0006] This invention is made in view of the above-mentioned technical problem, and the purpose is offering the metal junction approach and junction equipment which can simplify the trimming process after junction of a metal member.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve an above-mentioned technical problem and to attain the purpose, the junction approach of the metal of this invention In the junction approach of the metal which piles up the 1st metal member and the 2nd metal member, is made to agitate by friction in the state of unmelting, and is joined A rotation member is pressed to the surface part equivalent to a part for a joint with said 2nd metal member in said 1st metal member. By rotation of said rotation member A part for the joint of said 1st and 2nd metal member is made to agitate by friction in the state of unmelting, and this 1st and 2nd metal member is joined, removing the weld flash generated around this rotation member in this 1st metal member by rotation and press of said rotation member.

[0008] Moreover, the tip of said rotation member is preferably formed in the plane.

[0009] Moreover, a weld flash removal means to form a level difference to the tip of this rotation member is preferably formed in the periphery of said rotation member.

[0010] In the junction equipment of the metal which the junction equipment of the metal of this invention piles up the 1st metal member and the 2nd metal member, is made to agitate it by friction in the state of unmelting, and is joined The rotation member pressed while rotating the surface part equivalent to a part for a joint with said 2nd metal member in said 1st metal member, Synchronizing with said rotation member, by removal means to remove the weld flash generated around this rotation member in this 1st metal member by press of this rotation member, and said rotation member A part for the joint of said 1st and 2nd metal member is made to agitate by friction in the state of unmelting, and the control means which controls said rotation member to join this 1st and 2nd metal member is provided.

[0011]

[Effect of the Invention] According to invention of claims 1 and 4, a rotation member is pressed like explanation above to the surface part equivalent to a part for a joint with the 2nd metal member in the 1st metal member. By rotation of a rotation member By making a part for the joint of the 1st and 2nd metal member agitate by friction in the state of

unmelting, and joining the 1st and 2nd metal member, removing the weld flash generated around the rotation member in the 1st metal member by rotation and press of a rotation member The trimming process after junction of a metal member can be simplified.

[0012] By forming the tip of a rotation member in the plane, as remains of junction, all, processing of a tool is also easy and, according to invention of claim 2, a hole can make it cheap.

[0013] Since weld flash is crushed after junction of a metal member by forming a weld flash removal means to form a level difference to the tip of a rotation member in the periphery of a rotation member according to invention of claim 3, scraps are not generated but a tool is made cheaply.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Below, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to an accompanying drawing at a detail.

[0015] In addition, the gestalt of the operation explained below is an example as an implementation means of this invention, and this invention can apply the following operation gestalt to what corrected or deformed in the range which does not deviate from the meaning.

[0016] Drawing 1 is an enlarged drawing near [explaining the superposition junction approach of the operation gestalt concerning this invention] a rotation tool.

[0017] The junction approach of this operation gestalt is applied to the plate made from an aluminium alloy, or the junction of a metal member by which press forming was beforehand carried out to the three-dimension configuration. By piling up the metal member of at least two sheets, and pressing the rotation tool 1 to the 1st metal member W1 on the front face of the outermost, the metal texture between the piled-up 1st and 2nd metal member W1 and W2 is agitated by unmelting with frictional heat, and it joins.

[0018] And since it agitates by unmelting, problems, such as heat distortion generated in electric resistance welding etc., are solvable.

[0019] Here, the condition of stirring by unmelting means softening a metal texture with frictional heat and stirring under temperature still lower than what has the lowest melting point, in each component contained in a base material, or an eutectic compound.

[0020] As shown in drawing 1 , the junction approach by friction churning While superposition and a point 3 rotate the rotation tool 1 of the shape of a plane cylinder to the circumference of the axial center, the metal members W1 and W2 of at least two sheets While forcing a point 3 on the 1st metal member W1 on the front face of the outermost, making the 1st metal members W1 and W2 agitate by friction in the state of unmelting and forming an unmelting churning layer, an unmelting friction churning layer is expanded even to the 2nd metal member W2, and the 1st and 2nd metal members W1 and W2 are joined.

[0021] To obstructing the metal texture which was made to soften a metal texture with a probe and softened by the shoulder, by superposition junction of this operation gestalt, a point 3 softens a metal texture and has the function which carries out plastic flow by the conventional comparison junction.

[0022] Moreover, popularity is won so that the 1st and 2nd metal members W1 and W2 may be pinched and the point 3 of the rotation tool 1 may be countered, and the member 4 is arranged. The outer diameter of the receptacle member 4 is designed more than the outer diameter of the rotation tool 1.

[0023] The diameter $\phi 1$ of the rotation tool 1 is about 10-15mm. Although the rotation tool 1 and the receptacle member 4 are the non-wearing out mold tools formed with steel materials with a degree of hardness higher than a metal member (cemented carbide etc.), if a metal member is the elastic quality of the material, it will not be limited to an aluminium alloy from the rotation tool 1.

[0024] Moreover, as shown in drawing 2 , as for the rotation tool 1, crevice 3a is formed in the center of abbreviation of a point 3. Moreover, crevice 5a is formed also in the center of abbreviation of the point 5 of the receptacle member 4.

[0025] In addition, it can receive with crevice 3a of the rotation tool 1, and crevice 5a of a member 4 can be prepared in either or both. Moreover, pin-like heights can also be prepared instead of crevice 3a.

[0026] Drawing 3 thru/or drawing 5 are drawings which illustrate other configurations of the point 3 of the rotation tool 1, (a) is a side elevation and (b) is the front view of a point.

[0027] To the contact surface with a metal member, a point 3 inclines and is formed, and the rotation tool 1 shown in drawing 3 is constituted so that the height from the contact surface may change. Moreover, two or more lobe (or slot) 3b is formed in the radial from the tip core towards the periphery to the plane point 3 so that the height of a point 3 may carry out difference of the rotation tool 1 shown in drawing 4 in a hoop direction. Moreover, at least one slot (or lobe) 3c is formed from the tip core towards the periphery to the plane point 3 so that the height of a point 3 may carry out difference of the rotation tool 1 shown in drawing 5 in a hoop direction.

[0028] In addition, the rotation tool 1 can be constituted combining the configuration of the point 3 shown in crevice 3a, drawing 3 , or drawing 5 shown in drawing 2 that what is necessary is just to be able to form the shape of

irregularity or a wave in the hoop direction of a point, or can also consist of configurations shown in drawing 4 and drawing 5 combining a lobe and a slot. When the height of a lobe and the depth of a slot are too large, since the churning nature of a metal texture gets worse, it is unsuitable.

[0029] When it is a three-dimension configuration with complicated ** with picking and metal member joined pivotable on the arm of the articulated robot 10 which explains below, the rotation tool 1 is constituted so that it can join in spot (locally) to a part for the joint with which it is dotted.

[0030] Drawing 6 is the schematic diagram of the articulated robot which holds and drives a rotation tool.

[0031] As shown in drawing 6, while an articulated robot 10 is connected with the joint 12 prepared in the base 11 and rocking focusing on the y-axis While connecting with the 1st arm 14 through the 1st arm 14 rotated at a joint 13 focusing on the z-axis, and a joint 15 and rocking focusing on the y-axis It has the 2nd arm 17 rotated at a joint 16 centering on a x axis, and the 3rd arm 19 which connects with the 2nd arm 17 through a joint 18, and is rocked focusing on the y-axis.

[0032] The 3rd arm 19 is equipped with the motor 20 which carries out the rotation drive of the rotation tool 1, and the receptacle member 4 arranged so that the point 3 of the rotation tool 1 may be countered while the rotation tool 1 is attached pivotable. Popularity is won with the point 3 of the rotation tool 1, and spacing with the point of a member 4 serves as adjustable with the actuator 22, and it is designed so that it can respond also by the thrust to a metal member and the metal member piled up three or more sheets at the time of junction.

[0033] Teaching of the actuation of each arm of an articulated robot 10, a motor, and an actuator is carried out beforehand, and a control section 30 controls it.

[0034] The thrust to the metal member of the rotation tool 1 is set up for a part for every joint based on the total board thickness, superposition number of sheets, etc. of a metal member, and also when the board thickness of each metal member differs, it can be applied.

[0035] Moreover, as shown in drawing 7, in joining the 1st thru/or the 3rd metal member W1 of three or more sheets - W3, by the rotation tools 1A and 1B of the pair which has the same outer diameter, a metal member is put and it joins. In this case, it replaces with the receptacle member 4 of drawing 2, and rotation tool 1B is attached in an articulated robot 10 pivotable, and inverse rotation of each rotation tools 1A and 1B is carried out, putting the 1st thru/or the 3rd metal member W1 - W3 by the points 3A and 3B of the rotation tools 1A and 1B which counter mutually.

[0036] Moreover, even when the board thickness of the 1st and 2nd metal members W1 and W2 differs, it can join, but if the rotation tool 1 is made to press from a thin meat side especially, it becomes easier to agitate and uniform junction processing can be realized.

[Plastic flow of metal texture at time of junction] drawing 8 is drawing showing the plastic flow condition inside a metal member when the point of a rotation tool is smooth. Drawing 9 is drawing showing the plastic flow condition inside the metal member at the time of forming a crevice in the point of a rotation tool. Drawing 10 is drawing showing the plastic flow condition inside the metal member at the time of forming a lobe or a slot in the point of a rotation tool.

[0037] As shown in drawing 8, when the rotation tool 1 with a smooth point 3 is used (the point 5 of the receptacle member 4) If the rotation tool 1 which rotates at the predetermined rotational frequency of explanation made smooth for convenience is pressed against the 1st metal member W1 at the abbreviation perpendicular Friction arises between the rotation tool 1 and the 1st metal member W1, the front face softens, and the metal texture between the 1st and 2nd metal member W1 and W2 is agitated by the hand of cut in the state of unmelting. And if the thrust to the 1st metal member W1 by the rotation tool 1 is heightened further, the friction churning layer of unmelting is expanded even at the non-contact metal member W2, and it will be joined to the rotation tool 1, without carrying out melting of the 1st and 2nd metal members W1 and W2 finally piled up.

[0038] As shown in drawing 9, when the rotation tool 1 by which crevice 3a was formed in the point 3 is used (the point 5 of the receptacle member 4) While a metal texture is agitated by supposing that explanation is smooth for convenience in the hand of cut of a tool 1 The plastic flow of a three-dimension-longitudinal vortex occurs in the vertical direction (direction which intersects the plane of composition of a metal member), and is agitated around directly under [of crevice 3a], and it is joined, without carrying out melting of the 1st and 2nd metal members W1 and W2 finally piled up.

[0039] Moreover, crevice 3a of the rotation tool 1 promotes the plastic flow in the crevice where the peripheral speed of a metal texture agitated serves as abbreviation zero, and when crevice 5a of the receptacle member 4 is prepared, it promotes the plastic flow of a metal member which does not contact the rotation tool 1.

[0040] Furthermore, as shown in drawing 10, when the rotation tool 1 by which lobe (or slot) 3b was formed in the point 3 is used (the point 5 of the receptacle member 4) While a metal texture is agitated with the irregularity of the radial of a point 3 by supposing that explanation is smooth for convenience in the hand of cut of a tool 1 Plastic flow is added in the vertical direction (direction which intersects the plane of composition of a metal member) which carries out rotation ***** periodic change in the interface of the 1st metal member W1 and the 2nd metal member W2. By

flow of this periodic vertical direction Diffusion of the interface of both the metal member is promoted, and it is joined, without carrying out melting of the 1st and 2nd metal members W1 and W2 finally piled up.

[0041] As mentioned above, when crevice 3a is prepared in the point 3 of the rotation tool 1, all the metal textures that should be joined are fully agitated, and since churning to the direction which intersects the plane of composition of a metal member is inadequate when smooth without preparing crevice 3a to bonding strength increasing, bonding strength will become weak.

[0042] Moreover, as compared with the case where crevice 3a is formed when irregularity is formed in the rotation tool 1 at a radial, the contact conditions to the metal texture of the point of the rotation tool 1 differ, and since it can set up so that the angular velocity of a metal texture agitated in the center section may become smaller than the angular velocity of a periphery, while churning nature is high, there is an advantage of being easy to generate the three-dimensions-plastic flow to a hand of cut and the vertical direction in the range where a point is large.

Although the 6000 system steel plate (aluminum-Mg-Si steel plate) standardized by JIS as a metal member is used as an example in junction processing of a [test-result] book operation gestalt, it is applicable by the 5000 system steel plate (aluminum-Mg steel plate) or other metal members.

[0043] Drawing 11 is drawing showing the bonding strength test method by unmelting friction churning of this operation gestalt. Drawing 12 is drawing showing the result depended on the bonding strength test method of drawing 11.

[0044] The bonding strength trial of drawing 11 pulled the joined 1st and 2nd metal members W1 and W2 in the direction which conflicts mutually, and has measured the tensile force in the time of a plane of composition separating as bonding strength.

[0045] Moreover, as for junction conditions, in $\phi 10\text{mm}$ and the press holding time, the diameter of the point 3 of 2000rpm and the rotation tool 1 used [the tool rotational frequency] that 6000 systems and whose board thickness are 1mm, as for the time amount after 0.2mm pushing, and a metal member.

[0046] As shown in drawing 12, compared with the case where it is a tool with a point 3 smoother to use the rotation tool 1 by which crevice 3a was formed in the point 3, bonding strength becomes high and demand reinforcement is filled.

[0047] Moreover, when the tool by which crevice 3a was formed in the point 3 is used to becoming the exfoliation fracture which separates from the plane of composition of a metal member at the time of destruction as shown in drawing 15 in the case where it is a tool with a smooth point 3, as shown in drawing 13 and drawing 14, since a plane of composition serves as carbon button fracture fractured from the part Wa corresponding to the perimeter of the rotation tool 1, without separating, it understands that bonding strength is high at the time of destruction.

[0048] Furthermore, since it is agitated enough and joined so that the junction interface of a metal texture may become homogeneity when it joins to a point 3 using the tool by which crevice 3a was formed, as shown in drawing 16 thru/or drawing 19, bonding strength becomes high.

[0049] moreover -- the case where it is a tool with a smooth point 3 when bonding strength becomes high so that the press holding time over the metal member of the rotation tool 1 is long, but press maintenance was carried out about 10 seconds or more and the rotation tool 1 by which crevice 3a was formed in the point 3 is used -- bonding strength -- abbreviation -- it becomes the same.

The 1st and 2nd metal member of [junction between which the alloy ingredient was made to be placed] can make an alloy ingredient able to intervene between both metal members, and can also be joined.

[0050] Drawing 20 is drawing explaining the junction approach of the 1st and 2nd metal member of having made the alloy ingredient intervening. Drawing 21 is drawing explaining signs that the alloy ingredient is spread in the joint part P of the 1st and 2nd metal member.

[0051] As shown in drawing 20 and drawing 21, the 1st metal member W1 is an aluminium alloy plate, and the 2nd metal member W2 is Fe steel plate with which the Zn-5aluminum layer or Zn hot-dipping layer Wc was formed through Zn-Fe-aluminum or the Zn-Fe alloy layer Wd as an alloy ingredient. A Zn-5aluminum layer consists of an eutectic presentation with about 95% of the weight of Zn component, and about 5% of the weight of aluminum component. Moreover, what covered the Zn-5aluminum alloy ingredient is the the best for an aluminium alloy preferably. Zn hot-dipping layer is marketed after having been covered by the metal member generally for rust proofing.

[0052] If the rotation tool 1 is pressed to the surface part equivalent to the joint part P with the 2nd metal member [in / through the Zn-5aluminum layer or Zn hot-dipping layer Wc as an alloy ingredient / for the 1st and 2nd metal members W1 and W2 / superposition and the 1st metal member W1] W2, an aluminium alloy will be agitated by friction and will start plastic flow. If plastic flow is promoted, the oxide skin on the front face of an aluminium alloy will be destroyed, the diffusion layer which a Zn-5aluminum layer or Zn hot-dipping layer Wc, and an aluminium alloy are spread mutually, and become from aluminum, aluminum-Zn, Zn-aluminum, Fe-Zn, and Fe will be formed, plastic flow

will be promoted further, it will become the aluminum-Zn-Fe alloy layer We, and the aluminium alloy plate W1 and a steel plate W2 will be joined through the aluminum-Zn-Fe alloy layer We.

[0053] In addition, when joining the steel plate and aluminium alloy plate with which the Zn-5aluminum layer or Zn hot-dipping layer Wc is not covered, alloy ingredients, such as a Zn-5aluminum layer or Zn alloy foil, may be made to be separately placed between the joint parts P of both members. Moreover, the Mg-aluminum alloy ingredient other than Zn-aluminum may be formed as an alloy ingredient.

[0054] As for the rotation tool 1, the point can use the tool of various configurations mentioned above besides a plane. Moreover, the rotation tool which formed the lobe 2 called a probe to a point may be used.

[0055] Moreover, the rotation tool 1 is pressed from the one among the 1st metal member W1 and the 2nd metal member W2 where the melting point is lower, and is made to agitate by friction.

[0056] Thus, since it can join in a short time and thermal and mechanical load to a tool can be reduced by pressing a rotation tool from the aluminium alloy side which the melting point and high temperature strength soften in heat inputs fewer than a high steel plate as compared with an aluminium alloy, there is an advantage that a tool life is extensible.

[0057] Moreover, as shown in drawing 22 thru/or drawing 25, in order for the rotational frequency to the metal member of the rotation tool 1 to promote regularity (drawing 22, 23) or destruction of the oxide skin of an aluminium alloy with 1000rpm extent, you may make it change periodically (drawing 24, 25). It is not desirable in order for junction to take time amount, if a rotational frequency is decreased.

[0058] Moreover, the thrust to the metal member of the rotation tool 1 is made to fix or (drawing 22, 24) increase gradually (drawing 23, 25). If thrust is decreased, plastic flow will become inadequate and sufficient bonding strength will no longer be obtained.

[0059] It is necessary to make thrust high as the metal texture softened the relation between a rotational frequency and thrust.

[Diffused junction of alloy ingredient] drawing 26 (a) - (d) is drawing showing signs that form the diffusion layer which a Zn-5aluminum layer and an aluminium alloy are spread mutually, and become from aluminum, aluminum-Zn, Zn-aluminum, Fe-Zn, and Fe, and plastic flow is promoted further, become the aluminum-Zn-Fe alloy layer We, and the aluminium alloy plate W1 and a steel plate W2 are joined through the aluminum-Zn-Fe alloy layer We.

[0060] If friction churning is carried out by unmelting by the rotation tool 1 from the condition which the Zn-5aluminum layer was made to intervene and piled up the aluminium alloy plate and Fe steel plate which are shown in drawing 26 (a), as shown in drawing 26 (b), the diffusion layer which turns into a lower layer of an aluminium alloy from aluminum and a Zn-5aluminum layer will be formed, and the diffusion layer which consists of a Fe and Zn-5aluminum layer will be formed in the upper layer of Fe steel plate.

[0061] Furthermore, if plastic flow progresses by churning, as shown in drawing 26 (c), Zn component of a Zn-5aluminum layer is further spread in an aluminium alloy and Fe steel, and the rate of Zn component of a Zn-5aluminum layer falls by this diffusion reaction (the rate of aluminum component increases).

[0062] Next, from the condition which shows in drawing 26 (c), when plastic flow progresses further, the diffusion reaction of the diffusion layers by the side of the diffusion layer by the side of an aluminium alloy and Fe steel plate is performed, and the aluminum-Zn-Fe alloy layer shown in drawing 26 (d) as a result is formed.

[0063] As mentioned above, the 1st and 2nd metal members W1 and W2 are joined through the alloy layer of 3 element system of aluminum-Zn-Fe. Thereby, the 1st and 2nd metal members W1 and W2 can prevent that a weak intermetallic compound called Fe-aluminum is generated by the plane of composition, and can make bonding strength very high by 3 element system alloy layer of Fe-aluminum-Zn.

With the [metal member configuration] book operation gestalt, it is suitable for the junction of a metal member by which press forming was beforehand carried out to the three-dimension configuration. that is, like junction of the car body frame W1 of the automobile show in drawing 27, and the reinforcement member W2, it have a three dimension configuration with a complicated metal member by press forming, and it can weld locally by use the junction approach of this operation gestalt, and to the joint part P which cannot move the rotation tool 1 continuously and with which it be dot, even if it be after press forming, it become joinable.

[Weld flash removal structure] drawing 28 is drawing showing the point of the rotation tool which prepared the chip for cutting in a rotation tool. Drawing 29 is drawing showing the point of the rotation tool which prepared the level difference for weld flash control in a rotation tool.

[0064] In order to remove the burr Wb (refer to drawing 13) generated in a metal member at the time of junction, as shown in drawing 28 and drawing 29, chip 1b for cutting a or level difference 1b for weld flash control whose diameter is expanded to the peripheral face near the tip of the rotation tool 1 may be formed by one-or post-installation.

[0065] Chip 1b for cutting is a plane parallel to a point 3, and is prepared in the peripheral face near the tip of the rotation tool 1 by four regular intervals every 90 degrees. In addition, chip 1b for cutting is made not a plane but in the shape of [of the shape for example, of a whorl] an end cutting edge, and the number of chips can be set as arbitration

according to the component and the amount of pushing of a metal member.

[0066] Moreover, by the plane parallel to a point 3, level difference 1c for weld flash control covers the perimeter, and is formed in the peripheral face near the tip of the rotation tool 1.

[0067] Drawing 31 is drawing explaining the trimming approach at the time of preparing the chip for cutting in a rotation tool. Drawing 32 is drawing explaining the trimming approach at the time of preparing the level difference for weld flash control in a rotation tool.

[0068] When chip 1b for cutting removes weld flash Wb, as shown in drawing 31, the weld flash Wb generated around the rotation tool 1 in the 1st metal member W1 by rotation and press of the rotation tool 1 is cut and removed.

[0069] When level difference 1c for weld flash control removes weld flash Wb, the weld flash Wb generated around the rotation tool 1 in the 1st metal member W1 by rotation and press of the rotation tool 1 is crushed and removed so that it may be shown drawing 32.

[0070] As the location of the direction of an axial center of chip 1 for these cutting b or level difference 1c for weld flash control is shown in drawing 30, only the amount t of pushing of the point 3 stuffed into the metal member W1 is formed up.

[0071] In chip 1 for cutting b, while weld flash is completely removable, scraps Wb are generated, and in order to use hard chip 1b for cutting, the rotation tool 1 becomes expensive. Although an appearance is inferior a little in order that the weld flash Wb crushed by level difference 1 for weld flash control c to it may remain, there is an advantage that the rotation tool 1 is cheap and scraps are not generated.

[0072] Moreover, you may constitute possible [rise and fall] on the revolving shaft and the same axle of the rotation tool 1 without fixing chip 1 for cutting b, or level difference 1c for weld flash control to the rotation tool 1.

[0073] Drawing 33 is drawing showing the example and the weld flash removal approach of having prepared chip 1 for cutting b, or level difference 1c for weld flash control possible [rise and fall] to the rotation tool.

[0074] As shown in drawing 33, chip 1 for cutting b or level difference 1c for weld flash control is prepared in the revolving shaft and the same axle of the rotation tool 1 to the peripheral face at the point of the hollow shaft (good also as pivotable) 41 which can go up and down.

[0075] When chip 1 for cutting b of this rise and fall system or level difference 1c for weld flash control removes weld flash Wb, make it go up at the time of the junction shown in drawing 33 (a) and (b), and it is made to estrange from a part for a joint, and as shown in drawing 33 (c) and (d), after the completion of junction, it descends, chip 1 for cutting b or level difference 1c for weld flash control is cut or crushed, and weld flash Wb is removed.

[0076] Although a facility becomes complicated and expensive as compared with fixed by making chip 1 for cutting b, or level difference 1c for weld flash control into working, even when changing the amount of pushing of a rotation tool according to a metal member, there is an advantage that it can respond by the same tool.

Although the [continuation junction] above-mentioned implementation gestalt explained the example of the spot junction which press the rotation tool 1 and does not move it to a part for a joint, you may join continuously, making the rotation tool 1 move forward or rock, as shown in drawing 34.

[0077] If about 1 degree is made to incline back to the advance direction and it is made to move as shown in drawing 35 when advancing the rotation tool 1 by drawing 34, churning nature of the part which inclined compared with the case where it presses at right angles to the metal member W1 will improve.

As a modification of a [modification] book operation gestalt, in order to control distortion of a metal member, it is also joinable, cooling a part for the joint of a metal member. What is necessary is to join in cooling water or just to supply cooling water to a part for a joint as the cooling approach.

The junction technique of [surface treatment] book operation gestalt is applicable also to the surface treatment of a metal member.

[0078] Between the adjacent ports formed especially in the cylinder head of an automobile for the casting made from an aluminium alloy in surface treatment (valve Mabe), and a piston, By making it agitate, without being used for surface treatment processing of a brake disc etc., and carrying out melting of the surface treatment field of the casting made from an aluminium alloy with frictional heat Detailed-izing of a metal texture, homogeneity decentralization of an eutectic silicon (Si) particle, and reduction of a casting defect can be aimed at, and the thing beyond the conventional RIMERUTO processing can be obtained in material properties, such as a thermal fatigue (low cycle fatigue) life, elongation, and shock resistance.

[0079] Moreover, although AC4D which is the aluminium alloy standardized by JIS is used as an example in the surface treatment of this operation gestalt as shown in drawing 36, as an aluminum alloy casting, a presentation ratio can be preferably changed in 4 - 13% of the weight of the range one to 24% of the weight as 0.2 - silicon (Si) content . 1.5% of the weight as magnesium (Mg) content of an aluminium alloy. AC8A elsewhere used for AC4B, AC2B, and a piston can be used. The reason for setting up the upper limit of silicon content to 24% is that stirring nature gets worse while a material property and fluidity are saturated, even if it increases silicon more than by it.

[0080] The aluminum alloy casting containing magnesium deposits Mg_2Si by heat treatment, and reinforcement increases. However, when carrying out melting like RIMERUTO processing and making a metal texture make it detailed, the magnesium of a low-melt point point (650 degrees C) may evaporate, and a content may fall. And if a magnesium content falls, even if it will heat-treat, hardness and reinforcement will fall and a desired material property will be acquired.

[0081] On the other hand, in the surface treatment by friction churning, since melting of the metal texture is not carried out and magnesium does not evaporate, as for an aluminum alloy casting, Mg_2Si is deposited by heat treatment, and reinforcement is raised.

[0082] Although fluidity (the fluidity of a molten metal, being able to lengthen a property, crack nature between heatproofs) improves by adding silicon to an aluminium alloy, eutectic silicon acts as a kind of defect, and a mechanical property (elongation) falls.

[0083] Eutectic silicon is hard and it is weak, and since it becomes the origin of crack initiation, and a propagation path, elongation falls. Moreover, the fatigue life falls by the part which receives thermal stress repeatedly like valve Mabe. And although the gestalt with which eutectic silicon was connected along with the dendrite is presented in the metal texture, eutectic silicon is made detailed and it becomes possible by distributing homogeneity to control the crack initiation by stress concentration, and propagation of the generated crack.

[0084] Drawing 37 is drawing which explains the surface treatment art between the adjacent ports formed in the cylinder head of an automobile (valve Mabe) as an example of application to surface treatment.

[0085] As shown in drawing 37, surface treatment processing is moved in valve Mabe of the port which adjoins each other in the rotation tool 1, agitating by friction so that it may travel through valve Mabe along with the processing loci F1-F3.

[0086] In addition, this invention can apply the above-mentioned operation gestalt to what corrected or deformed in the range which does not deviate from the meaning.

[Translation done.]